

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO



**REGENERACIÓN NATURAL DE CANDELILLA (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc.) EN
SEIS INTENSIDADES DE CORTA BAJO DIFERENTES CONDICIONES
CLIMÁTICAS**

POR:
EMMANUEL TORIBIO FERRER

TESIS

Como requisito parcial para obtener el grado de:
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES

Linares, Nuevo León

Junio de 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO

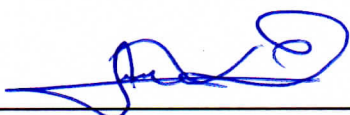
**REGENERACIÓN NATURAL DE CANDELILLA (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc.) EN
SEIS INTENSIDADES DE CORTA BAJO DIFERENTES CONDICIONES
CLIMÁTICAS**

TESIS

Como requisito parcial para obtener el grado de:
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES


POR:
EMMANUEL TORIBIO FERRER

COMITÉ DE TESIS



Dr. Luis Rocha Domínguez

Director



Dr. José Israel Yereña Yamallel

Codirector



Dr. Horacio Villalón Mendoza

Asesor

Manifiesto que la presente investigación es original y fue desarrollada como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Ciencias Forestales, donde se utiliza información de otros autores, se otorgan los créditos correspondientes.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Emmanuel Ferrer', is written over a blue rectangular stamp. The signature is stylized and overlaps the stamp.

Emmanuel Toribio Ferrer

Junio, 2021

DEDICATORIA

A mis padres, hermanos y sobrinos; en especial a mi madre la Sra. Julia Ferrer Manuel por motivarme en seguir estudiando, por preocuparse por mi salud y que gracias a su carácter y esfuerzo me sirvieron para avanzar y concluir cada una de mis metas.

A mi padrino el Sr. Fernando Ramírez Manuel (+) mi Ángel de La Guarda, honraré su nombre, seguiré su ejemplo porque sé que desde el cielo está feliz y orgulloso de verme terminar otro grado académico. Agradezco a Dios por permitirme conocerlo, gracias por tantos consejos y su apoyo incondicional que han sido esenciales para ser un buen ciudadano.

Al Sr. Fernando Manuel Cantú González como Director General de Ceras Coahuiltecas SA de CV, por su apoyo y motivarme a estudiar la maestría, además de proporcionarme su brigada forestal de su empresa, materiales y equipos de trabajo necesarios durante la obtención de los datos de campo de la presente investigación.

A la Consultoría Forestal, Ambiental y de Vida Silvestre denominada “TF Estudios y Proyectos SA de CV“, al Ing. Luis Miguel Toribio Ferrer y el T.F. Hugo Alejandro Fuentes Palacios por brindarme siempre sus apoyos durante el desarrollo de la metodología en campo de la presente investigación.

A la facción de los ingobernables integrados por Blanca Nallely, Cesar Aldair y Martín López por los buenos momentos lleno de aventuras y de anécdotas que compartieron conmigo durante mi estancia en la Ciudad de Linares, Nuevo León.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la oportunidad de vivir y la sabiduría para alcanzar mis metas programadas y el valor de enfrentar los retos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo otorgado para la realización de mi Maestría en Ciencias Forestales en la Universidad Autónoma de Nuevo León.

A la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, por aceptarme en su programa de Maestría en Ciencias Forestales y la oportunidad de superarme académicamente.

Al Dr. Luis Rocha Domínguez, por haber aceptado ser el Director de esta investigación, por sus comentarios, sugerencias y gran asesoramiento para la elaboración de esta tesis.

Al Dr. José Israel Yerena Yamallel, por aceptar gustosamente en formar parte del trabajo de investigación, así como sus sugerencias para mejorarlo.

Al Dr. Horacio Villalón Mendoza, por haber aceptado formar parte de esta investigación y por sus acertados comentarios para la elaboración de esta tesis.

A los profesores de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FCF-UANL) quienes contribuyeron a mi formación profesional, brindándome sus conocimientos y sabiduría para ampliar mis conocimientos y generar una crítica laboral.

Finalmente a mis compañeros de la FCF-UANL: Nallely Guadalupe, Adrián, Adela Valentina, Cipriano, Blanca Nallely, Martín, Cesar Aldair y Erick Raymundo quienes siempre me brindaron su apoyo durante mi estancia en la Universidad.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. HIPÓTESIS	3
3. OBJETIVOS DEL TRABAJO	4
3.1. Objetivo General	4
3.2. Objetivos particulares	4
4. ANTECEDENTES	5
4.1. Sistema de reproducción de la candelilla	5
4.2. Madurez de cosecha de la candelilla	5
4.3. Variables evaluadas	6
5. MATERIALES Y MÉTODOS	9
5.1. Ubicación del área de estudio	9
5.2. Descripción del área de estudio	10
5.3. Materiales y equipo utilizado	11
5.4. Procedimiento de campo	11
5.4.1. Tamaño de muestra	11
5.4.2. Diseño experimental	13
5.5. Etapa de la población de candelilla intervenida	13
5.6. Intensidad de corta	14
5.7. Parámetros evaluados	17
5.7.1. Altura (h)	17
5.7.2. Diámetro mayor (d_m)	17
5.7.3. Rebrotos subterráneos (r_s)	18
5.7.4. Rebrotos laterales (r_l)	18
5.8. Periodo de muestreo	19
5.9. Análisis estadístico de comparación	19
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
6.1. Altura (h) de la regeneración de la candelilla	20
6.2. Diámetro mayor (D_m) de la regeneración de la candelilla	22
6.3. Rebrotos subterráneos (r_s) de la regeneración de la candelilla	25

6.4. Rebrotos laterales (r_l) de la regeneración de la candelilla	28
7. CONCLUSIONES	31
8. BIBLIOGRAFÍAS	32

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Condiciones climáticas de las localidades (área del estudio)	10
Tabla 2. Diseño experimental del sitio A, B y C por localidad	13
Tabla 3. Periodo de muestreo de registro de la información en cada área del estudio	19
Tabla 4. Altura en promedio por intensidad de corta (%)	20
Tabla 5. Análisis de varianza de la altura (h) en promedio de la regeneración de candelilla en función de la variable de intensidad de corta.	22
Tabla 6. Diámetro mayor en promedio por intensidad de corta (%)	23
Tabla 7. Análisis de varianza del diámetro mayor (d_m) en promedio de la regeneración de candelilla en función de la variable de intensidad de corta.	24
Tabla 8. Rebrotos subterráneos/ha por intensidad de corta (%)	26
Tabla 9. Análisis de varianza de los rebrotos subterráneos (r_s) de la candelilla en función de la variable de intensidad de corta.	27
Tabla 10. Rebrotos laterales/ha por intensidad de corta (%)	28
Tabla 11. Análisis de varianza de los rebrotos laterales (r_l) de la candelilla en función de la variable de intensidad de corta.	29

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área del estudio	9
Figura 2. Ubicación y distribución de los cuadrantes en la Localidad de Pital y Las Curvas..	12
Figura 3. Ubicación y distribución de los cuadrantes en la Localidad de Manchuria.....	12
Figura 4. Ubicación y distribución de los cuadrantes en la Localidad de San Ildefonso	12

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Altura (h) de los rebrotes de las plantas de candelilla intervenida de acuerdo a la intensidad de corta (%).	21
Gráfica 2. Diámetro mayor (d_m) de los rebrotes de las plantas de candelilla intervenida de acuerdo a la intensidad de corta (%).	24
Gráfica 3. Rebotes subterráneos (r_s) de las plantas de candelilla intervenida de acuerdo a la intensidad de corta (%).	26
Gráfica 4. Rebotes laterales (r_l) de las plantas de candelilla intervenida de acuerdo a la intensidad de corta (%).	29

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografías 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9. Materiales y equipos utilizados (GPS, Cinta métrica, mazo, flexómetro, cinta amarilla, estacas, pintura aerosol, rozadera y formatos de campo de registro).	11
Fotografía 10. Planta de candelilla en etapa de madurez de cosecha.....	14
Fotografías 11 y 12. Intensidad de corta del 50% al (T ₁).....	14
Fotografías 13 y 14. Intensidad de corta del 60% al (T ₂).....	15
Fotografías 15 y 16. Intensidad de corta del 70% al (T ₃).....	15
Fotografías 17 y 18. Intensidad de corta del 80% al (T ₄).....	16
Fotografías 19 y 20. Intensidad de corta del 90% al (T ₅).....	16
Fotografías 21 y 22. Intensidad de corta al 100% al (T ₆ testigo).....	16
Fotografía 23. Medición de altura (h) de regeneración de candelilla.....	17
Fotografía 24. Medición del diámetro mayor (dm) de la regeneración de candelilla	17
Fotografía 25. Rebotes subterráneos de candelilla en el área intervenida	18
Fotografía 26. Rebotes laterales de candelilla en el área intervenida	18
Fotografía 27. Medición de altura de los rebotes de las plantas de candelilla intervenidas en el predio Manchuria, Parras, Coahuila.	22
Fotografía 28. Medición del diámetro mayor de cada rebrote de las plantas de candelilla intervenidas en el predio Manchuria, Parras, Coahuila.	25
Fotografía 29. Contabilización del rebrote subterráneo de las plantas de candelilla intervenidas en el predio Pital y Las Curvas, Cuatro Ciénegas, Coahuila.	27
Fotografía 30. Contabilización del rebrote laterales de las plantas de candelilla intervenidas en el predio San Ildefonso, Ocampo, Coahuila.	30

RESUMEN

El aprovechamiento de la especie de la candelilla (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc), no es una actividad sustentable, ya que las poblaciones silvestres continúan disminuyendo a pesar de los esfuerzos en el establecimiento de plantaciones. La presente investigación tiene por objetivo determinar la intensidad de corta en diferentes condiciones climáticas que favorecen la regeneración natural de la candelilla que permita generar elementos para un buen manejo del aprovechamiento y contribuir con su conservación. Por lo tanto, se evaluaron seis intensidades de corta de tres localidades ubicadas en el estado de Coahuila. El área de muestreo se realizó en forma de cuadrantes de 10 m x 10 m (100 m² por tratamiento) con tres repeticiones, donde cada repetición tiene seis tratamientos incluyendo el testigo. La colecta de datos de campo se llevó a cabo usando las variables de altura (h), diámetro mayor (d_m), rebrotes subterráneos (r_s) y laterales (r_l). La información obtenida de campo se sometió a un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el programa STATISTICA 10 mostrando diferencias altamente significantes ($P > 0.002$), por ello aplicando una comparación múltiple de medias a través de la prueba Tukey con un nivel de significancia $p \leq 0.05$ los resultados demuestran que los mejores incrementos en los parámetros de altura media (cm), diámetro mayor (cm), números de rebrotes subterráneos y laterales de la candelilla corresponde al tratamiento 3 (intensidad de corta al 70 %) en las tres localidades al presentar los mejores resultados de la regeneración natural. La localidad Manchuria ubicada en Parras, Coahuila al presentar mejores características ambientales como la humedad presentó mejores resultados con respecto a las otras áreas evaluadas. El tratamiento 6 (testigo) con una intensidad de corta al 100 % tiene menor regeneración, demostrando que el método tradicional de extracción, que consiste en arrancar la totalidad de la planta, pone en riesgo su permanencia en el terreno.

Palabras clave: *Euphorbia antisiphilitica*, intensidad, regeneración, conservación, permanencia.

SUMMARY

The exploitation of the species candelilla (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc.) is not a sustainable activity, since wild populations continue to decline despite efforts to establish plantations. The objective of this research is to determine the intensity of cutting in different climatic conditions that favor the natural regeneration of the candelilla allowing generate elements for a good management of the harvest and contribute to their conservation. Therefore, six cutting intensities were carried out from three localities located in the state of Coahuila. The sampling areas were carried out with dimensions of 10 m x 10 m (100 m² per treatment) with three repetitions each one, where each repetition had six treatments including the witness. Field data collection was carried using the variables of height (h), greater diameter (dm), subterranean sprouts (rs) and lateral sprouts (rl). Through a variance analysis it was shown that there are highly significant differences ($P > 0.002$), therefore, applying a multiple comparison of means through the Tukey test with a significance level of $p \leq 0.05$ the results it was shown that the best increases in the parameters of mean height (cm), largest diameter (cm), numbers of underground and lateral sprouts of the candelilla correspond to treatment 3 (cutting intensity at 70%) in the three locations showing highest results of natural regeneration. The Manchuria locality located in Parras, Coahuila, presented better environmental characteristics such as humidity with respect to the other areas evaluated. The treatment 6 (witness) with a cutting intensity of 100% has minor regeneration demonstrating that the traditional extraction method, which consists of pulling up the entire plant puts its permanence in the field at risk.

Keywords: *Euphorbia antisiphilitica*, intensity, regeneration, conservation, permanence.

1. INTRODUCCIÓN

La candelilla (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc), es un arbusto perenne que alcanza a medirse hasta altura superior a 100 cm, compuesta de tallos rectos, de color verde en época lluviosas y grisáceo en temporadas secas. Sus tallos están cubiertos de cera, como medio de defensa contra el calor (Romahn V., 1992) y tiene diferentes aplicaciones en la industria debido a sus características especiales y únicas de alta calidad, difícil de ser sustituida por otras sustancias o ceras vegetales (Alvarado *et al.*, 2013).

Crece donde llueve muy poco (una precipitación media anual entre 110 y 220 mm) y en temperaturas extremas (media anual entre 20°C y 22 °C), es una especie con tolerancia al estrés hídrico con buenas respuestas a las condiciones adversas del ambiente, resistiendo temperaturas superiores a 40 °C e inferiores de hasta -10 °C como señala (Martínez-Ballesté & Mandujano, 2013) y se adapta a las diferentes distribuciones climáticas de las zonas semiáridas, debido a los mecanismos que tiene para sobrevivir y reproducirse en condiciones de escasas precipitaciones (Rojas-Molina *et al.*, 2011).

El aprovechamiento sin control de la candelilla ha ocasionado una disminución drástica y progresiva de su población, especialmente en las zonas aledañas a las comunidades candelilleras. Actualmente, la forma de extraer la planta para su aprovechamiento, es arrancarla manualmente de manera directa del terreno, causando daños en las raíces, por consecuencia la baja recuperación o la regeneración en el área intervenida (Rojas-Molina *et al.*, 2011), que conlleva a su mal manejo y la permanencia en el área donde regularmente se recolecta, obligando a productores candelilleros a extraer la planta en áreas lejanas del centro de producción de la cera, implicando aumento de los costos de producción y erosión del terreno en donde comúnmente se desarrolla la candelilla (Villa *et al.*, 2010). Para algunos investigadores e instituciones gubernamentales, mencionan que la extracción de candelilla no es una actividad sustentable, ya que las poblaciones continúan disminuyendo a pesar de los esfuerzos en establecer plantaciones (Canales *et al.*, 2006).

Actualmente continúa un manejo inadecuado de su aprovechamiento, considerando que la planta produce la mayor cantidad de cera en los meses más secos y fríos del año, no obstante, los poseedores del recurso (productores candelilleros) extraen la mayor cantidad de hierbas de candelilla en temporadas de lluvias cuando produce poca cantidad de cera, ocupando mayor inversión económica para obtener la cantidad de cera deseada, aun cuando la floración y la regeneración natural de la candelilla, principia en aparecer en los meses de lluvias (De la Garza *et al.*, 1993) y extraer la hierba de candelilla en etapa de floración y desarrollo de rebrotes que formarán nuevas plantas, pone en riesgo la permanencia de la especie, la sostenibilidad y sustentabilidad del aprovechamiento (López Cortés & Román López, 2007).

Hoy en día, se cuenta con información básica sobre la forma del aprovechamiento de la candelilla sin afectar su reproducción, sin embargo, no existe información de regeneración natural en áreas intervenidas, aun cuando la NOM-018-SEMARNAT-1999 establece los procedimientos, criterios y especificaciones técnicas para realizar el aprovechamiento sostenible de la hierba de candelilla, donde menciona que se debe dejar sin intervenir el 20 % en etapa de madurez reproductiva de la planta para promover la regeneración y la reproducción de semillas, en busca de la conservación de la variabilidad genética. El único avance que se tiene a la fecha sobre la regeneración de la candelilla es que sus tallos alcanzan un crecimiento por año superior a 10 cm de longitud (Flores-López, 1995).

En este sentido se contempla realizar una evaluación en seis intensidades de corta de la candelilla (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc) en diferentes condiciones climáticas para tres localidades ubicadas en el estado de Coahuila, para conocer en cuál, favorece más la regeneración natural, evitando así su mal manejo y regular su aprovechamiento. Con ello se quiere generar elementos para un buen manejo del aprovechamiento de la candelilla y contribuir con su conservación, generando una fuente de empleos permanente para los habitantes de las regiones desérticas del país.

2. HIPÓTESIS

Ha: Si influye el porcentaje de intensidad de corta en la regeneración natural de la candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.), aún en diferentes condiciones climáticas.

3. OBJETIVOS DEL TRABAJO

3.1. Objetivo General

Determinar la intensidad de corta en diferentes condiciones climáticas que favorecen la regeneración natural de la candelilla para regular su aprovechamiento y lograr la conservación de las poblaciones silvestres.

3.2. Objetivos particulares

1. Determinar el crecimiento de la altura y diámetro mayor (cm) en la regeneración de la candelilla, después de su intervención.
2. Estimar números de tallos producidos (rebrotos laterales y subterráneos).

4. ANTECEDENTES

4.1. Sistema de reproducción de la candelilla

La reproducción de la candelilla se realiza mediante semillas (sexual) en donde necesariamente requiere la planta humedad almacenada antes de la floración (Flores, 1941), (citado por Nieto, 1987), y por rizomas (asexual) por medio de los tallos subterráneos (Cervantes, 2002); la propagación por macollos resulta el método con mayor potencial regenerativo de hijuelos, en donde es común observar su desarrollo durante la temporada de lluvias (Villa *et al.*, 2010).

4.2. Madurez de cosecha de la candelilla

Se identifica en la etapa de desarrollo y dimensiones de la candelilla, cuando los macollos alcanzan la altura media de 30 cm y un diámetro mayor a los 25 cm como mínimo para realizar su aprovechamiento en forma sostenible de acuerdo a la NOM-018-SEMARNAT-1999. Además de dejar en el área bajo manejo distribuido al menos el 20 % de las poblaciones en etapa reproductiva (periodo cuando la planta reproducen de manera sexual o asexual) y propiciar los renuevos de forma natural asegurando la permanencia de la especie ([SEMARNAT], 2000).

El periodo determinado para aprovechar la hierba de la candelilla cuando presenta altos contenidos de cera, corresponden los meses de octubre a junio, debido que las lluvias del inicio de verano favorece la regeneración y con poca producción de cera (De la Garza *et al.*, 1992). En un informe realizado por la SEMARNAT en 2006, menciona que se debe recolectar a partir de los meses secos de octubre a junio, tiempo óptimo estimado de mayor producción de cera en la planta, ejerciendo como un mecanismo contra pérdida excesiva de agua, a través de sus tallos y los meses de julio a septiembre de mayor floración y reproducción (De la Garza F. E., 2004).

De una propuesta realizada por el INIFAP, 2007, recomienda en los meses de altas y bajas temperaturas durante el año se puede realizar el aprovechamiento de la candelilla, debido que las plantas presentan óptimas condiciones de producción de cera. En temporadas de mayor precipitación incrementa la regeneración y ejerce una disminución en la producción de cera, la

floración y reproducción de semillas corresponde entre los meses de julio a septiembre (De la Garza *et al.*, 1993). Además, sugiere extraer sólo la mitad de la planta (50%) haciendo un corte vertical dejando en el sitio la otra mitad, permitiendo la regeneración natural en un tiempo estimado de uno a dos años dependiendo de las condiciones climáticas de la localidad (De la Garza F. E., 2004).

4.3. Variables evaluadas

Flores (1941), (citado por Nieto, 1987) menciona que realizó una investigación relacionada con pruebas de propagación, utilizando las hierbas de candelilla con sus raíces expuestas a la luz solar en un lapso de tiempo en promedio de 14 días, después fueron plantados en la temporada de verano-invierno en un terreno preparado con buena humedad. De acuerdo al resultado obtenido, el autor sugiere que para lograr la propagación vegetativa de la candelilla en la temporada de verano, requiere un suelo removido y en invierno no es necesario, con una mortalidad del 10 % en la plantación.

Dávila (1981) considera que para lograr una propagación vegetativa en la candelilla, mayor al 300 % en un periodo de dos años después del establecimiento de la plantación, se requiere en promedio cinco tallos como el mejor método de reproducción y al establecer en distancia equidistantes de 50 x 50 cm.

De acuerdo a (Villa *et al.*, 2010) quienes realizaron una investigación sobre la producción de plántulas de candelilla mediante estacas evaluados en cuatro ecotipos, utilizaron sustratos como medio de cultivo, productos químicos como tratamientos para favorecer el enraizamiento y su brotación bajo un diseño experimental ubicadas dentro de un invernadero tipo túnel, determinaron que Cuatro Ciénegas fue el mejor ecotipo debido que presenta características genéticas superiores al no necesitar sustancias químicas para la brotación y crecimientos en la regeneración.

Martínez-Ballesté & Mandujano (2012) plantearon que las plantas mayores a 80 cm de altura de la candelilla aportan una mayor producción de flores, beneficiando la reproducción sexual

sobre la asexual y de acuerdo a la estructura poblacional de su investigación, las plantas superiores a partir de 70 cm de altura en promedio presentan bajas densidades, recomendando no cosecharlas; además determinan que con dos años después de su intervención en el área bajo manejo puede ser suficiente para mantener un crecimiento adecuado y fecundidad de poblaciones garantizando la permanencia del recurso de la candelilla.

Rodríguez (2012) menciona que experimentó la emergencia de tallos de candelilla a partir de rizoma con o sin tallos en condiciones de invernadero, con resultado factible al emplear rizomas con más de tres tallos de candelilla para establecer un programa de reforestación, concluyendo que la candelilla no se propaga con un solo rizoma.

Flores del Ángel, M.D.L.L. (2013) considera que existe bajo porcentaje de sobrevivencia en áreas con pendiente pronunciada basándose en su trabajo de investigación de la proliferación de brotes de candelilla. Además menciona que la candelilla al arrancar todos sus tallos al momento de su aprovechamiento dificulta su recuperación y a la prolongación de tiempo promedio para la regeneración dejando en el terreno descubierto para que otras especies asociadas invaden por efecto de competencia inter-específico.

CONABIO (2015) con el fin de promover la conservación de la candelilla a largo plazo, realizó una evaluación del estado de conservación y potencial de aprovechamiento sustentable en zonas bajo aprovechamiento en Coahuila, desarrollando criterios para la toma de datos sobre las plantas de candelilla especificando que las plantas menores a 10 cm de altura y tallos individuales (que no forman un macollo) no se miden, únicamente se contabilizan como renuevos debido que la candelilla es una planta con crecimiento clonal y en muchas ocasiones resulta complejo definir estrictamente un individuo (entendido como unidad genética o “genet”).

Bartolomé (2017) realizó un estudio de sobrevivencia en tres plantaciones forestales comerciales de candelilla, contabilizando a cada planta los tallos con crecimiento apical, tallos muertos, plantas vivas y muertas, tallos sin crecimiento apical, tallos con rebrotes subterráneos y tallos con rebrotes laterales además de las plantas con afectaciones por ramoneo, en donde

concluye que la plantación establecida en Las Animas, Parras, Coahuila presentó el 98 % de sobrevivencia y mayores en número de tallos con crecimiento apical, rebrotes laterales y subterráneos a diferencia de los otros dos predios evaluados, que al presentar un alto grado de salinidad reduce la sobrevivencia.

No existen líneas de investigación con el objetivo de determinar un método de corte apropiado que asegure la recuperación y regeneración de la planta de candelilla después de su intervención, en busca de un aprovechamiento sostenible. A la fecha sólo existen pruebas en campos experimentales realizadas por el INIFAP en el año 2007, que corresponde a intensidades de corta del 100 % y del 50 % de acuerdo a la altura y cobertura; en donde destacó el método del 50 % al presentar una mejor recuperación y que para asegurar la conservación de la especie recomiendan que sea mediante un sistema de rotación del área bajo un esquema de cortes mensuales; este último método es aplicable en plantaciones forestales comerciales; hasta el momento se sugiere el método de corte 50/50 para los futuros estudios técnicos no maderables de candelilla, por presentar una mejor recuperación, sin existir una justificante para esta sugerencia, debido que no existe evaluaciones en otros porcentajes de intensidades de corta en poblaciones naturales de la candelilla que favorezca la regeneración natural.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación del área de estudio

Las tres localidades (área de estudio) se ubican en los municipios de Parras, Cuatro Ciénegas y Ocampo en el estado de Coahuila de Zaragoza, de acuerdo a la figura 1.

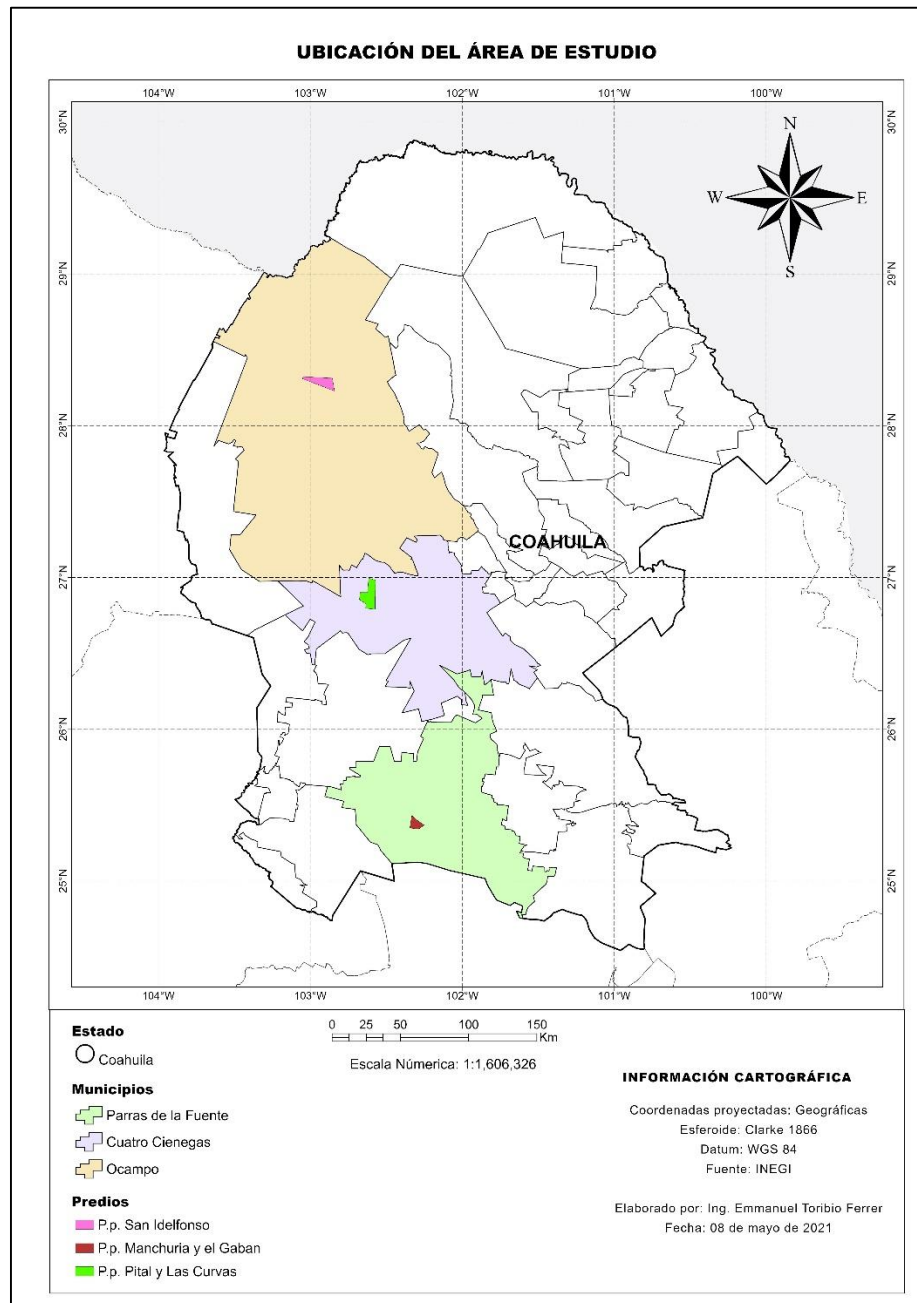


Figura 1. Localización del área del estudio

En la tabla 1 se observa, que las tres localidades presentan una diferencia en condiciones climáticas, desde muy árido-semicálido hasta semiárido-templado (García, E-CONABIO, 1998).

Tabla 1. Condiciones climáticas de las localidades (área del estudio)

Población	Municipio	Estado	Condiciones climáticas
San Ildefonso	Ocampo	Coahuila	BWh(x') Muy árido-semicálido
Pital y Las Curvas	Cuatro Ciénegas	Coahuila	BSokw Árido-templado
Manchuria	Parras	Coahuila	BS1kw Semiárido-templado

5.2. Descripción del área de estudio

De acuerdo a cada localidad donde se realizó el estudio, las poblaciones de candelilla se encuentran en el tipo de clima desértico, con precipitaciones de hasta 500 mm anuales, temperaturas extremosas entre -4° y 44°C y régimen de lluvias erráticas. La planta de candelilla al disponer de humedad por las precipitaciones desarrolla una mayor cantidad de materia verde pero disminuye la producción de cera. En temporadas secas y frías del año cuando produce mayor cantidad de cera como un mecanismo de protección (De la Garza *et al.*, 1993).

La candelilla generalmente se desarrolla en suelos calcáreos, de profundidad somera, de origen coluvial, con presencia de pedregosidad y rocosidad en pH que fluctúa entre 7.0 y 8.4, con textura franco arenosa y estructura granular y de consistencia friable (De la Garza *et al.*, 1993). La hierba de candelilla crece con especies tipos xerófitas y de porte bajo, propias de las zonas semiáridas, aparentemente no forman masas de tamaño considerables (Marroquín, 1964). Se asocia con un sinnúmero de plantas entre las que destacan la lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.), guapilla china (*Hechtia glomerata* Zucc.), maguey áspero (*Agave asperrima* Jacobi), nopal rastrero (*Opuntia rastrera* F.A.C. Weber), gobernadora (*Larrea tridentata* Sessé & Moc. Ex DC.), maguey cenizo (*Agave scabra* Salm-Dyck) y sangre de drago (*Jatropha dioca* Sessé) de acuerdo a (De la Garza *et al.*, 1993).

5.3. Materiales y equipo utilizado

Los materiales y equipos empleados para llevar acabo el presente trabajo, son los siguientes:



Fotografías 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9. Materiales y equipos utilizados (GPS, cinta métrica, mazo, flexómetro, cinta amarilla, estacas, pintura aerosol, rozadera y formatos de campo de registro).

5.4. Procedimiento de campo

5.4.1. Tamaño de muestra

Para las actividades encaminadas a la cuantificación de la regeneración natural de la candelilla, se ubicaron tres sitios de referencia permanente por localidad. Se realizó 6 cuadrantes de 10 m x 10 m (100 m² por tratamiento) con tres repeticiones, donde cada repetición tiene seis tratamientos incluyendo el testigo (BOLFOR & Fredericksen, 2000). Esta actividad se realizó en el mes de noviembre del 2019 a cada localidad.

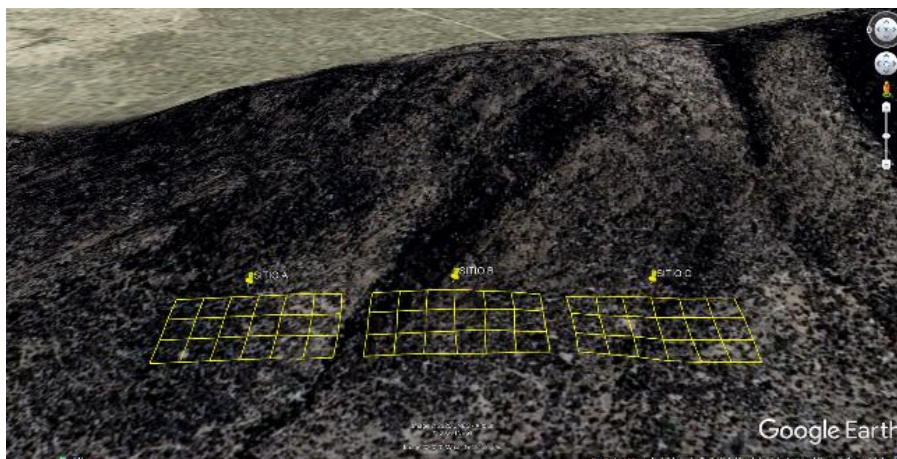


Figura 2. Ubicación y distribución de los cuadrantes en la Localidad de Pital y Las Curvas



Figura 3. Ubicación y distribución de los cuadrantes en la Localidad de Manchuria

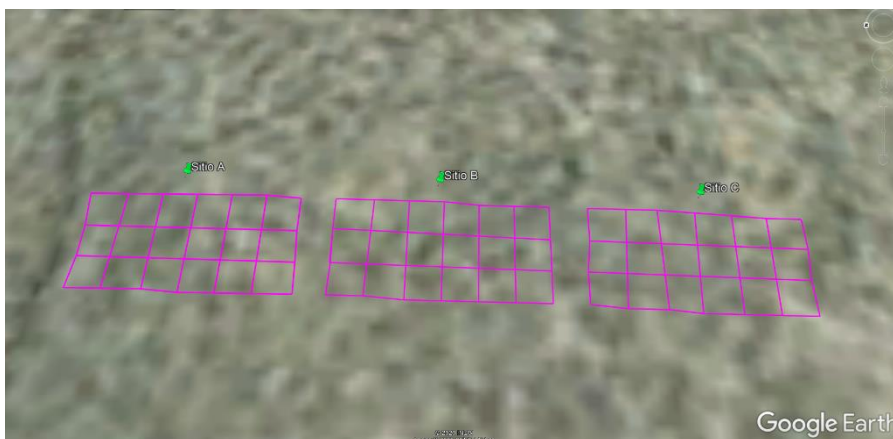


Figura 4. Ubicación y distribución de los cuadrantes en la Localidad de San Ildefonso

5.4.2. Diseño experimental

Los tratamientos fueron distribuidos en los cuadrantes experimentales bajo un diseño de bloques completos al azar de acuerdo a la tabla 2, con la finalidad de minimizar el efecto de la variabilidad cuando se asocian con unidades discretas (Kuehl, 2001).

Tabla 2. Diseño experimental del sitio A, B y C por localidad

Sitios	Repeticiones	Tratamientos					
A	1	2	1	5	6	3	4
	2	5	3	1	2	4	6
	3	4	5	2	1	6	3
B	1	1	3	4	5	2	6
	2	6	4	1	3	5	2
	3	2	6	1	5	3	4
C	1	3	5	6	1	4	2
	2	4	2	1	3	6	5
	3	1	3	5	6	2	4

5.5. Etapa de la población de candelilla intervenida

Las plantas de candelilla intervenidas corresponden únicamente en etapa de madurez de cosecha con una altura mínima de 30 cm y diámetro mayor de 25 cm en cumplimiento a la NOM-018-SEMARNAT-1999; los individuos que no cumplieron con el criterio, permanecen distribuido en el área de investigación para propiciar su regeneración de las poblaciones al momento que la planta alcanza las condiciones óptimas para su reproducción sexual o asexual ([SEMARNAT], 2000).

En la fotografía 10 de la página 14, se observa una planta de candelilla en etapa de madurez de cosecha con características específicas determinada al momento adecuado para realizar su aprovechamiento en forma sostenible identificada por su etapa de desarrollo y dimensiones.



Fotografía 10. Planta de candelilla en etapa de madurez de cosecha.

5.6. Intensidad de corta

Se refiere a los diferentes porcentajes de corta propuestas (50 %, 60 %, 70 %, 80 %, 90 % y 100 % testigo) realizada al nivel del suelo del macollo de cada planta de candelilla intervenida de acuerdo a la relación de altura con su cobertura.

El tratamiento 1 corresponde a una intensidad de corta al 50 % del macollo de una planta de candelilla (fotografías 11 y 12).



Fotografías 11 y 12. Intensidad de corta del 50% al (T_1)

Para el tratamiento 2 se realizó una intensidad de corta al 60% del macollo de la planta de candelilla.



Fotografías 13 y 14. Intensidad de corta del 60% al (T_2)

Del tratamiento 3 con una intensidad de corta al 70% del macollo de cada planta de candelilla intervenida partiendo del nivel del suelo.



Fotografías 15 y 16. Intensidad de corta del 70% al (T_3)

Seguida del tratamiento 4 donde se realizó a una intensidad de corta al 80% del macollo de cada planta de candelilla intervenida, además del tratamiento 5 al 90%.



Fotografías 17 y 18. Intensidad de corta del 80% al (T_4)



Fotografías 19 y 20. Intensidad de corta del 90% al (T_5)



Fotografías 21 y 22. Intensidad de corta al 100% al (T_6 testigo)

5.7. Parámetros evaluados

5.7.1. Altura (h)

La medición de la altura (h) se efectuó colocando el flexómetro de forma vertical en el centro de cada planta (individuo de regeneración) de candelilla, midiendo la altura media en cm (De la Garza *et al.*, 1993).



Fotografía 23. Medición de altura (h) de regeneración de candelilla

5.7.2. Diámetro mayor (d_m)

Para la medición del diámetro mayor expresado en cm, se sobrepone el flexómetro en la parte superior de cada planta (individuo de regeneración) de candelilla, de manera de abarcar la parte más ancha de la cobertura (De la Garza *et al.*, 1993).



Fotografía 24. Medición del diámetro mayor (dm) de la regeneración de candelilla

5.7.3. Rebrotos subterráneos (r_s)

Cuando un individuo de rebrote de candelilla es considerado diferente a otra si tiene una separación mayor o igual a 20 cm y debe ser visible a nivel del suelo (CONABIO, 2015).



Fotografía 25. Rebrotos subterráneos de candelilla en el área intervenida

5.7.4. Rebrotos laterales (r_l)

Cuando los tallos individuales de rebrotos de candelilla (que no forman un macollo) tiende a desarrollarse alrededor de la planta intervenida entre distancia menor a 15 cm (CONABIO, 2015).



Fotografía 26. Rebrotos laterales de candelilla en el área intervenida

5.8. Periodo de muestreo

Para la toma de datos se realizaron 3 registros o capturas de la información de campo, evaluada a cada 4 meses durante un periodo de 1 año (ciclo del experimento) de acuerdo a la tabla 3, partiendo de la fecha del establecimiento de las parcelas de muestreos por localidad; en consideración que la candelilla alcanza una altura entre 6 cm a 15 cm al año en crecimiento año (Flores-López, 1995).

Tabla 3. Periodo de muestreo de registro de la información en cada área del estudio

Periodos	Fecha de registro de datos de campo
Diseño experimental en las tres localidades	04 al 25 de noviembre del 2019
1	05 al 29 de marzo del 2020
2	03 al 27 de julio del 2020
3	06 al 28 de noviembre del 2020

5.9. Análisis estadístico de comparación

Los datos obtenidos en campo para las variables de diámetro mayor, altura y tipo de rebrotes en el área del estudio, se registraron en hojas de Excel y para detectar las diferencias entre localidades y los tratamientos se realizó mediante el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia $p \leq 0.05$ utilizando el programa estadístico STATISTIC 10, en conjunto con una comparación múltiple de medias a través de la prueba Tukey (Zar, 2010).

Se generaron gráficas que ilustran los resultados de datos obtenidos entre la altura (h), diámetro mayor (d_m), rebrotes subterráneos (r_s) y laterales (r_l) de la regeneración de la candelilla de cada tratamiento en función a la variable por localidad.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Altura (h) de la regeneración de la candelilla

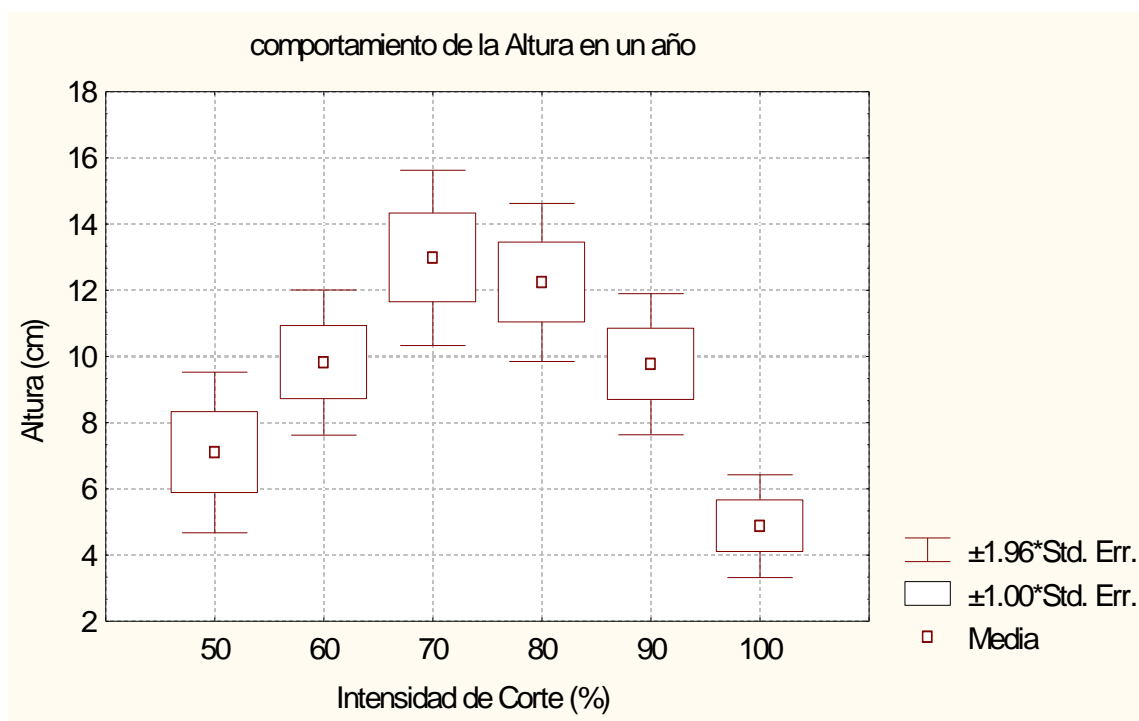
De acuerdo al periodo de muestreo de la presente investigación, los resultados obtenidos del comportamiento de la altura promedio (h) de la regeneración en las plantas intervenidas de candelilla por tratamiento a cada localidad, se observan que la mejor intensidad de corta corresponde al 70 % y en crecimiento fue la localidad denominada “Manchuria” perteneciente al municipio de Parras, Coahuila y que se ubicada en la distribución climática “BS1kw semiárido-templado” presentando en promedio altura de 11.69 cm, a diferencia de Pital y Las Curvas con 8.58 cm y San Ildefonso que se encuentra en el clima BWh(x') Muy árido-semicálida con tan sólo el 8.12 cm.

Tabla 4. Altura en promedio por intensidad de corta (%)

Tratamientos	Intensidad de Corta (%)	Altura promedio (cm)		
		San Ildefonso	Pital y Las Curvas	Manchuria
1	50	5.62 cm	6.12 cm	9.56 cm
2	60	9.05 cm	8.38 cm	12.02 cm
3	70	11.24 cm	12.06 cm	15.64 cm
4	80	10.42 cm	11.74 cm	14.55 cm
5	90	8.61 cm	8.75 cm	11.94 cm
6 (Testigo)	100	3.80 cm	4.40 cm	6.42 cm

De los resultados obtenidos del análisis de varianza muestran que si hay diferencias altamente significativas ($p \leq 0.05$) entre la altura promedio de la regeneración de la candelilla a la variable de intensidad de corta (tratamiento). La comparación múltiple de medias de Tukey muestra que la altura por localidades van desde los 4.40 cm al 15.64 cm, siendo el mejor tratamiento 3 al (70 %), lo que significa que la distribución climática por localidad si influye a la recuperación y

crecimiento de la candelilla. Como señala (Flores del ángel, MD.L.L., 2013) que los factores de las altas temperaturas y la escasez de precipitaciones afectan la propagación vegetativa de candelilla y de acuerdo a la información del servicio meteorológico nacional, existe una mayor precipitación anual (mm) en el municipio de Parras, que en el centro y norte del estado de Coahuila (Hernández-Herrera, J.A. *et al.*, 2021).



Gráfica 1. Altura (h) de los rebrotes de las plantas de candelilla intervenida de acuerdo a la intensidad de corta (%).

En el Predio Manchuria se presentó la altura promedio anual más alto de 15.64 cm de regeneración de candelilla (fotografía 27 de la página 22), representado por tallos rectos, herbáceos, cilíndricos y sin ramificaciones, lo que concuerda con (Flores-López, 1995) que los rebrotes alcanzan a desarrollarse en promedio por año de 11.5 cm de longitud. Con la información obtenida de la presente investigación se determina que el tratamiento 6 (testigo) con una intensidad de corta de 100 % no favorece el crecimiento de los tallos de la regeneración de candelilla, en donde de cada 10 rebrotes registradas en temporadas de lluvias al menos 3 mueren en el periodo seca del año y que concuerda con (Flores del Ángel, M.F.L.L., 2013) quien

observó en su investigación de propagación vegetativa de candelilla que existe una mayor mortalidad en el mes de junio causantes de altas temperaturas.

Tabla 5. Análisis de varianza de la altura (h) en promedio de la regeneración de candelilla en función de la variable de intensidad de corta.

Fuentes	SS	G.L	MS	SSE	F	P
Altura (h) promedio/año	140.7858	5	28.15717	47.42007	7.125381	0.002606

SS= suma de cuadrados, G.L= grados de libertad, MS= media de los cuadrados, SSE= Suma del cuadrado el error, F=Factor calculado y P= Probabilidad



Fotografía 27. Medición de altura de los rebrotes de las plantas de candelilla intervenidas en el predio Manchuria, Parras, Coahuila.

6.2. Diámetro mayor (D_m) de la regeneración de la candelilla

Los resultados obtenidos del diámetro mayor (d_m) de cada rebrote evaluado de las plantas de candelilla por tratamiento a cada localidad, se observa que nuevamente el mejor tratamiento es el número 3 con una intensidad de corta al 70 % en las tres localidades, sobresale Manchuria con un mayor porcentaje de diámetro mayor de 9.01 cm, lo que significa que la distribución

climática “BS1kw Semiárido-templado” al presentar mayor precipitación anual (mm) favorece la regeneración de candelilla a diferencia de las otras dos localidades (BWh(x’) Muy árido-semicálido y BSokw Árido-templado.

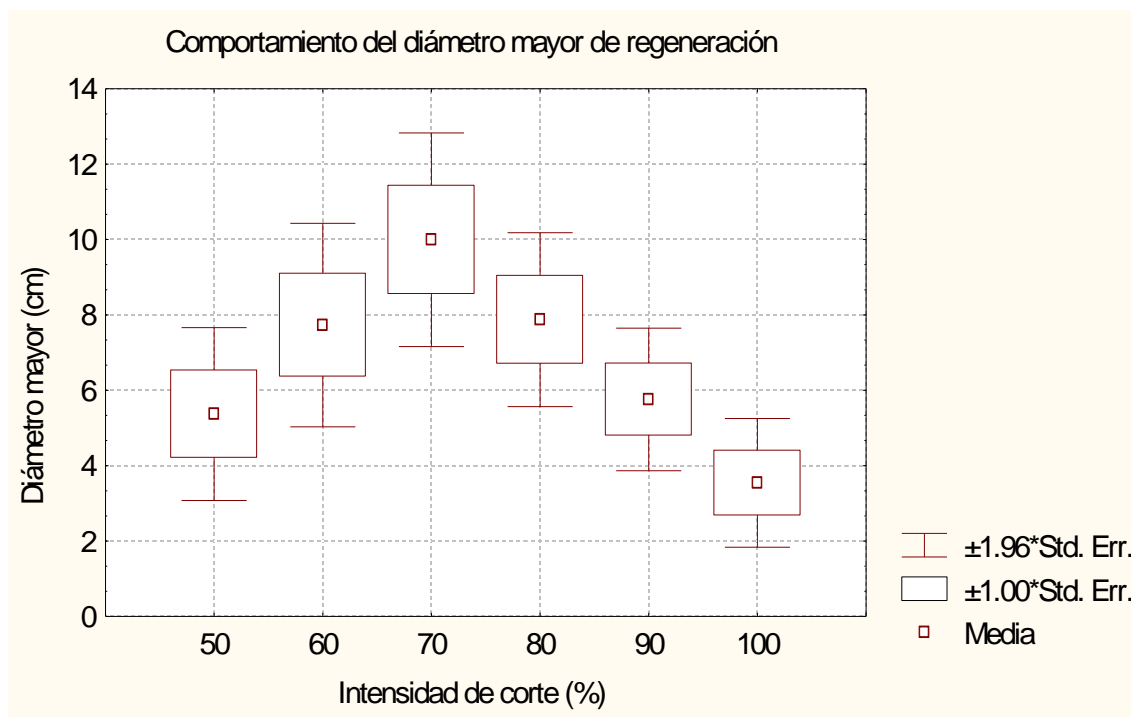
Tabla 6. Diámetro mayor en promedio por intensidad de corta (%)

Tratamientos	Intensidad de Corta (%)	Diámetro mayor en promedio (cm)		
		San Ildefonso	Pital y Las Curvas	Manchuria
1	50	3.84 cm	4.59 cm	7.67 cm
2	60	5.92 cm	6.80 cm	10.44 cm
3	70	9.16 cm	8.02 cm	12.81 cm
4	80	6.33 cm	7.08 cm	10.19 cm
5	90	4.47 cm	5.18 cm	7.64 cm
6 (Testigo)	100	2.50 cm	2.80 cm	5.28 cm

La comparación de medias de las interacciones entre localidades y tratamientos, indica que Manchuria ubicada en Parras, Coahuila mostró el diámetro mayor en promedio más alto (Tabla 6). Le siguieron en orden descendente Pital y Las Curvas de Cuatro Ciénegas, Coah., y San Ildefonso de Ocampo, Coahuila.

La comparación múltiple de medias de Tukey muestra las variables del diámetro mayor por localidades que oscila entre 2.55 al 12.81 cm, sobresale el tratamiento 3 (70% de intensidad de corta), lo que significa que las altas temperaturas y la escasez de precipitación afecta a la recuperación y crecimiento de la candelilla en áreas bajo manejo y que concuerda con (Villa *et al.*, 2010) que los tratamientos químicos, ecotipos y la interacción de ambas variables de cada región afectan de manera significativa al porcentaje de estacas enraizadas, longitud total de brotes y raíces y número de brotes por estacas.

En la gráfica 2, se observa el comportamiento del diámetro mayor de la regeneración de acuerdo a las intensidades de corta.



Gráfica 2. Diámetro mayor (d_m) de los rebrotes de las plantas de candelilla intervenida de acuerdo a la intensidad de corta (%).

Los valores arrojados del análisis de varianza muestran que si hay diferencias altamente significativas ($p \leq 0.05$) entre el diámetro mayor (d_m) en promedio de la regeneración de la candelilla en función a la variable de tratamiento (intensidad de corta).

Tabla 7. Análisis de varianza del diámetro mayor (d_m) en promedio de la regeneración de candelilla en función de la variable de intensidad de corta.

Fuentes	SS	G.L	MS	SSE	F	P
Diámetro mayor en promedio/año	77.718	5	15.543	50.587	3.687424	0.029725

SS= suma de cuadrados, G.L= grados de libertad, MS= media de los cuadrados, SSE= Suma del cuadrado el error, F=Factor calculado y P= Probabilidad



Fotografía 28. Medición del diámetro mayor de cada rebrote de las plantas de candelilla intervenidas en el predio Manchuria, Parras, Coahuila.

6.3. Rebrotos subterráneos (r_s) de la regeneración de la candelilla

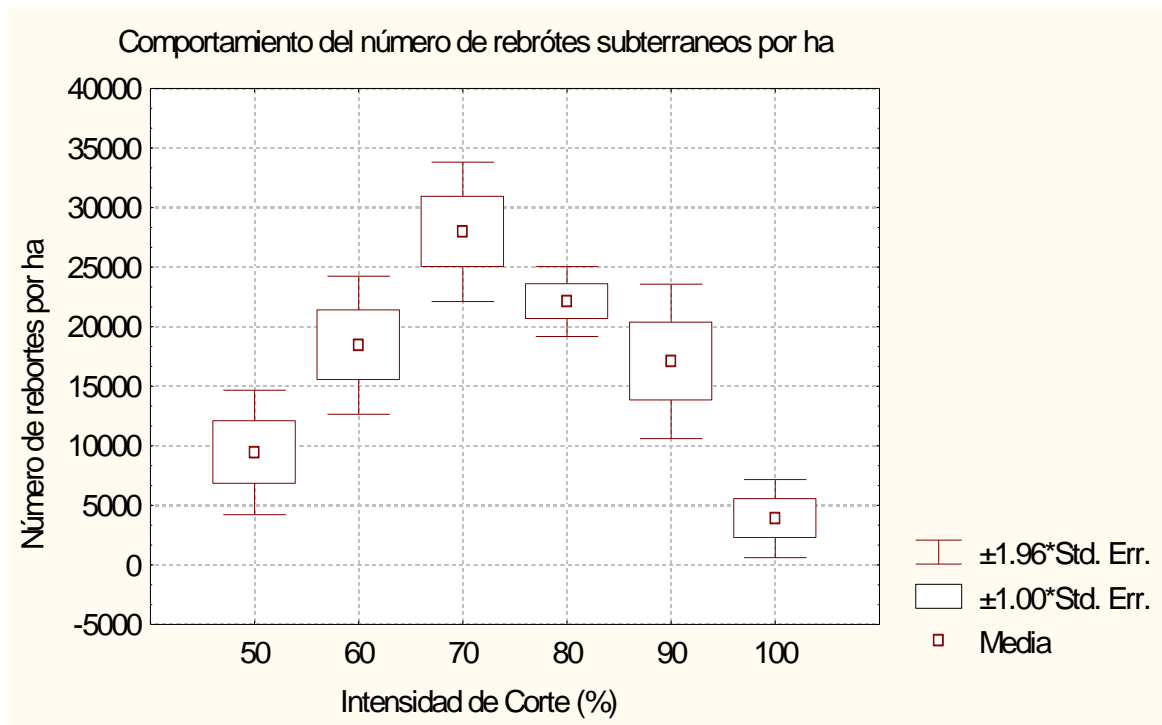
Los resultados obtenidos de los rebrotos subterráneos (r_s) en las plantas intervenidas de candelilla representado en hectárea, determina que existe mayor regeneración de forma subterránea cuando se realiza una intensidad de corta al 70 % (estimula mayor el desarrollo de la regeneración) para las tres localidades, lo que significa que a mayor intensidad de corta al 70 % reduce el porcentaje de rebrotos.

Al presentar bajas precipitaciones anuales (mm) en el área del estudio, disminuye el desarrollo de los rebrotos subterráneos a pesar que la candelilla posee una de sus mejores defensas contra las altas y bajas temperaturas; con la información mencionada en la gráfica 3 (página 26), demuestra que efectivamente sí existe baja recuperación en las plantas aprovechadas de forma tradicional (extracción de plantas completas) de acuerdo al resultado del tratamiento 6 (testigo). A mayor precipitación aumenta la regeneración natural en el área intervenida, teniendo en cuenta que las áreas bajo manejo, necesariamente se necesita aumentar el periodo de recuperación (Flores del Ángel, M.D.L.L., 2013).

Tabla 8. Rebrotos subterráneos/ha por intensidad de corta (%)

Tratamientos	Intensidad de Corta (%)	Rebrotos subterráneos/ha		
		San Ildefonso	Pital y Las Curvas	Manchuria
1	50	5,731	7,984	14,612
2	60	16,315	14,731	24,290
3	70	23,281	27,107	33,514
4	80	19,900	21,483	24,967
5	90	11,793	16,300	23,168
6 (Testigo)	100	1,221	3,488	6,966

La comparación múltiple de medias de Tukey muestra que los rebrotos subterráneos de candelilla por localidades oscilan entre 16,492 a 21,253 individuos/ha.



Gráfica 3. Rebrotos subterráneos (r_s) de las plantas de candelilla intervenida de acuerdo a la intensidad de corta (%).

El bajo desarrollo de rebrotes subterráneo en las Localidades Pital y Las Curvas y San Ildefonso, es causado por las variantes temperaturas, que provocan la muerte en las plantas de los tallos renuevos, quedando vivos solamente los tallos céntricos de los macollos, a pesar que el municipio de Cuatro Ciénegas donde pertenece Pital y Las Curvas posee características genéticas especiales que lo hacen ser superior al resto de los ecotipos para la formación de raíces, emisión y crecimiento de brotes (Villa *et al.*, 2010).

Los resultados obtenidos del análisis de varianza muestran que si existen diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los rebrotes subterráneos (r_s) en promedio de la regeneración de la candelilla en función a la variable de tratamiento (intensidad de corta).

Tabla 9. Análisis de varianza de los rebrotes subterráneos (r_s) de la candelilla en función de la variable de intensidad de corta.

Fuentes	SS	G.L	MS	SSE	F	P
Rebrotes subterráneos/ha	1.12782	5	2.25574	2.44399	11.07566	0.000365

SS= suma de cuadrados, G.L= grados de libertad, MS= media de los cuadrados, SSE= Suma del cuadrado el error, F=Factor calculado y P= Probabilidad



Fotografía 29. Contabilización del rebrote subterráneo de las plantas de candelilla intervenidas en el predio Pital y Las Curvas, Cuatro Ciénegas, Coahuila.

6.4. Rebrotos laterales (n) de la regeneración de la candelilla

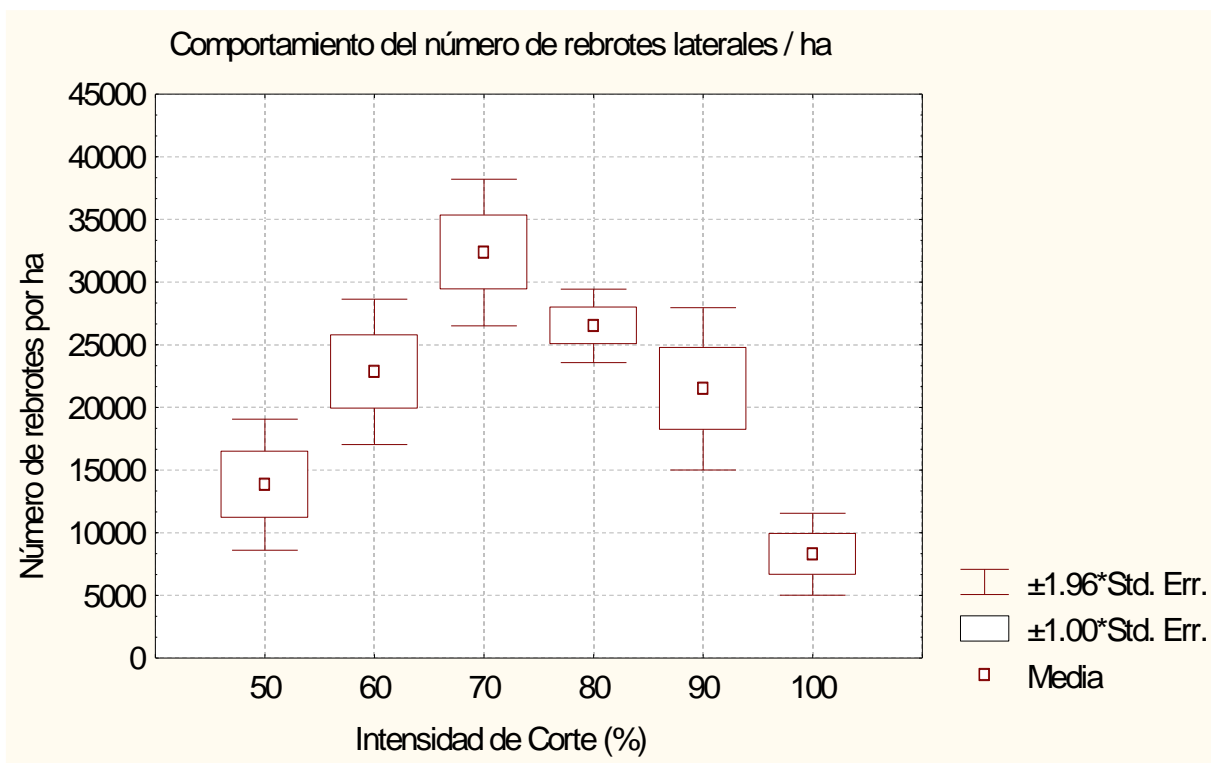
A diferencia de los rebrotos subterráneos, los laterales son más abundancia, donde destaca el tratamiento 3 (70 %) en las tres localidades, lo que significa que a mayor intensidad de corta del 70 % incluyendo el testigo (100 %) afecta la regeneración natural aún en condiciones climáticas diferentes.

De acuerdo a la tabla 10 se determina que aun cuando existen mayor números rebrotos laterales en los diferentes tratamientos que los subterráneos, influyen las condiciones climáticas de cada localidad, lo que varía con respecto al análisis de Bartolomé (2017) en su investigación de la sobrevivencia de una plantación forestal comercial de candelilla, encontrando que el porcentaje de rebrotos laterales fueron inferiores a los subterráneos y se debe que la presente investigación se realizó en terrenos con poblaciones naturales donde la candelilla se desarrolla de forma silvestre.

Tabla 10. Rebrotos laterales/ha por intensidad de corta (%)

Tratamientos	Intensidad de Corta (%)	Rebrotos laterales/ha		
		San Ildefonso	Pital y Las Curvas	Manchuria
1	50	10,125	12,375	19,010
2	60	20,700	19,125	28,685
3	70	27,675	31,500	37,910
4	80	24,300	25,875	29,360
5	90	16,200	20,700	27,560
6 (Testigo)	100	5,625	7,875	11,360

La comparación múltiple de medias de Tukey muestra las variables de los rebrotos subterráneos de candelilla por localidades que oscila entre 17,438 a 25,648 individuos/ha, sobresale el tratamiento 3 (70 % de intensidad de corta) en las tres localidades.



Gráfica 4. Rebotes laterales (r_l) de las plantas de candelilla intervenida de acuerdo a la intensidad de corta (%).

Los resultados obtenidos del análisis de varianza muestran que existen diferencias altamente significativas ($p \leq 0.05$) entre los rebotes laterales (r_l) en promedio de la regeneración de la candelilla en función a la variable de tratamiento (intensidad de corta).

Tabla 11. Análisis de varianza de los rebotes laterales (r_l) de la candelilla en función de la variable de intensidad de corta.

Fuentes	SS	G.L	MS	SSE	F	P
Rebotes laterales/ha	1.1278	5	2.2557	2.4428	11.08088	0.000364

SS= suma de cuadrados, G.L= grados de libertad, MS= media de los cuadrados, SSE= Suma del cuadrado el error, F=Factor calculado y P= Probabilidad



Fotografía 30. Contabilización del rebrote laterales de las plantas de candelilla intervenidas en el predio San Ildefonso, Ocampo, Coahuila.

7. CONCLUSIONES

El porcentaje de intensidad de corta si influye en la regeneración natural de la candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.), aún en diferentes condiciones climáticas, por lo que se cumple la hipótesis de la presente investigación.

La intensidad de corta al 70 % en diferentes condiciones climáticas favorece la regeneración natural de la candelilla para lograr un buen manejo del aprovechamiento y lograr la conservación de las poblaciones silvestres.

El crecimiento de la altura promedio durante un año en la regeneración natural de las plantas intervenidas de la candelilla es de 9.46 cm y diámetro mayor (cm) en promedio de 6.71 cm, en donde existe mayor crecimiento en verano lluvioso y que las variaciones de temperaturas diarias en primavera causan una disminución en la regeneración, finalmente el número de tallos producidos es de 16,492 rebrotes subterráneos/ha y 20,887 rebrotes laterales/ha.

8. BIBLIOGRAFÍAS

- Alvarado, C. J., Galindo, A. S., Bermúdez, L. B., Berumen, C. P., Orta, C. Á., & Garza, J. A. V. (2013). Cera de Candelilla y sus aplicaciones. *Avances en química*, 8(2), 105-110. [Fecha de Consulta 23 de Mayo de 2021]. ISSN: 1856-5301. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93328462007>
- Bartolomé, H. A. (2017). *Sobrevivencia en tres plantaciones de candelilla (Euphorbia antisiphilitica Zucc.) en diferentes condiciones en el Noreste de Coahuila*. Saltillo, Coahuila: Tesis UAAAN, 61 p. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/42155/K%2064711%20Bartolom%c3%a9%20Hern%c3%a1ndez%2c%20Herlin%20Antelmo.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- BOLFOR, M. B., & Fredericksen, T. S. (2000). *Manual de Métodos Básicos de muestreo y análisis en Ecología Vegetal*. BOLFOR. Editora El Pais, Santa Cruz, Bolivia, 16-17 p. En línea: https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnacl893.pdf
- Canales, E.V., Canales Martínez y E.M. Zamarrón (2006). Candelilla del desierto mexicano hacia el mundo. *Biodiversitas*. 69(1), 1-5. Disponible en: <http://www.cofemersimir.gob.mx/expediente/13817/mir/32651/archivo/910494>
- Cervantes, R. M. (2002). *Plantas de importancia económica en las zonas áridas y semiáridas de México*. In. *Plantas productoras de cera, Vol. 1*. México: UNAM, p.p. 125-142. En línea: <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/127/120/416-1>
- CONABIO. (2015). *Informe de la 2a reunión de coordinación sobre candelilla: evaluación de métodos para muestreo en campo*. Saltillo, Coahuila. : INIFAP-CONABIO. En línea: https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/planeta/cites/files/9_Informe_reunion_eval_metodos_candelilla.pdf
- Dávila, A. H. (1981). *Métodos de reproducción de candelilla (Euphorbia antisiphilitica)*. *Primera Reunión Nacional sobre Ecología, Manejo y Domesticación de las Plantas Útiles del Desierto, Publicación Especial No. 31*. INIF, México, D.F.: 346-350 p.
- De la Garza, D. E. L. A. P. F. E., & Berlanga, C. (1993). Metodología para la evaluación y manejo de candelilla en condiciones naturales. *Folleto Técnico 5, INIFAP Campo experimental La Sauceda, Saltillo, Coahuila, Mexico*, 46. Disponible en el sitio de red:

- https://books.google.com.mx/books?id=MwHioAEACAAJ&dq=inauthor:%22Federico+E.+de+la+Garza+de+la+Pe%C3%B1a%22&hl=es&sa=X&redir_esc=y
- De la Garza, D. E. L. A. P. F. E., Berlanga, C., & Tovar, V. F. (1992). *Guía para el establecimiento y manejo de plantaciones de candelilla. Folleto Divulgativo No. 2.* SARH. INIFAP. Campo Experimental La Saucedá, Saltillo, Coahuila, Mexico.
- De la Garza, F. E. (2004). *Evolución y manejo de poblaciones naturales de candelilla.* INIFAP, México.
- Flores del Ángel, M. D. L. L. (2013). *Situación actual de las poblaciones de candelilla (Euphorbia antisyphilitica Zucc): inventario, su propagación sexual y asexual.* Coahuila, Mexico (UANL, Tesis de doctoral dissertation), 134 p. [Disponible en el sitio de red: http://eprints.uanl.mx/id/eprint/3425](http://eprints.uanl.mx/id/eprint/3425)
- Flores-López, C. (1995). *Viabilidad de semillas, emergencia de plántulas y plantaciones de "candelilla" (Euphorbia antisyphilitica Zucc.).* Ramos Arizpe, Coahuila: Tesis UAAAN, 131 p.
- García, E.-CONABIO (1998). *Climas, escala 1:1,000,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.* México. [Disponible en línea: http://geoportal.conabio.gob.mx/descargas/mapas/imagen/96/clima1mgw](http://geoportal.conabio.gob.mx/descargas/mapas/imagen/96/clima1mgw)
- Hernández-Herrera, J. A., Moreno-Reséndez, A., Valenzuela-Núñez, L. M., Flores-Hernández, A., & Martínez, M. C. Z. (2021). Distribución potencial de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc. en México. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 19(2), 000-000. https://chapingo-cori.mx/zonas_aridas/zonas_aridas/article/view/r.rchsza.2021.19.%2001/53
- Kuehl, R. (2001). *Diseño de experimentos. Segunda edición.* Thomson Learning. México, D.F. 666 p. [En línea: https://docer.com.ar/doc/cc015n](https://docer.com.ar/doc/cc015n)
- López Cortés, B., & Román López, A. (2007). *Producción de Plántula de candelilla (Euphorbia antisyphilitica Zucc.) por hijuelos. Dosis de fertilización y aplicación de riegos.* UAAAN UL-Torreón, Coahuila: Tesis Laguna SB299. C25. L66, 38 p. [Disponible en el línea: http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2670/1234_BENJAMIN%20LOPEZ%20CORTES.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2670/1234_BENJAMIN%20LOPEZ%20CORTES.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Marroquín, J. S. (1964). *Estudio ecológico dasonómico de las zonas áridas del norte de México.* Ecología forestal, México, D.F. 166 p. [En línea: http://bibliotecasibe.ecosur.mx/sibe/book/000002043](http://bibliotecasibe.ecosur.mx/sibe/book/000002043)

- Martínez-Ballesté, A., & Mandujano, M. C. (2013). The consequences of harvesting on regeneration of a non-timber wax producing species (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) of the Chihuahuan Desert. *Economic Botany*, 67(2), 121-136. En línea: [10.1007 / s12231-013-9229-4](https://doi.org/10.1007/s12231-013-9229-4)
- Nieto, R. R. (1987). *La candelilla (Euphorbia antisyphilitica Zucc.) implicaciones sobre su domesticación y mejoramiento genético*. Monografía , UAAAN. Saltillo, Coah. Méx.
- Rodríguez H., M. (2012). *Inducción del desarrollo vegetal de Euphorbia antisyphilitica sp.* Jiquilpan de Juárez, Michoacán: Tesis de Maestría, 75 p. Disponible en internet: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/12266/RODR%C3%8DGUEZ%20HERNANDEZ%20MARTHA%20GEORGINA%20B101521.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rojas Molina, R., Saucedo Pompa, S., De León Zapata, M. A., Jasso Cantú, D., & Aguilar, C. N. (2011). Pasado, presente y futuro de la candelilla. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 2(6), 7-18. Recuperado en 23 de mayo de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322011000400003&lng=es&tlng=es.
- Romahn V., C. F. (1992). Los Recursos Forestales no Maderables de México: una Revisión. *Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.*, 131 P. En línea: https://books.google.com.mx/books/about/Principales_productos_forestales_no_made.html?id=8W28GwAACAAJ&redir_esc=y
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), (2000). *Norma Oficial Mexicana. NOM-018-SEMARNAT-1999*. Diario Oficial. Disponible en la red: https://www.cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/medioambiente/Varios/Leyes_y_Normas_SEMARNAT/NOM/Protecci%C3%B3n%20de%20Flora%20y%20Fauna/16.%201999.pdf
- Villa-Castorena, M., Catalán-Valencia, E. A., Inzunza-Ibarra, M. A., González-López, M. D., & Arreola-Ávila, J. G. (2010). Producción de plántulas de Candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) mediante estacas. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 16(1), 37-47. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2009.07.027>
- Zar, J. H. (2010). *Bioestatistical Analysis*, 4th edition Prentice Hall, Inc. New Jersey, USA, 662 p.

ANEXOS FOTOGRÁFICOS



Fotografías 1-6. Delimitación de cada cuadrante de 10 m x 10 m (100 m²) por tratamiento



Fotografías 7-12. Regeneración natural de la candelilla en las plantas intervenidas de la presenta investigación